Lane Medical Library

Aus der Universitäts-Zahnklinik zu Kiel
Direktor: Professor Dr. Hentze

Die schädigenden Einflüsse des Randolfmetalls auf den Organismus
und
Korrosionsversuche mit Randolfmetall im Munde

❖❖❖❖

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Vorgelegt von

Zahnarzt Friedrich Karl Richter
aus Hannover

❖❖❖❖

Kiel 1934
Druck: R. Eggert, Kiel, Kronshagener Weg 1b

N. 16.

Rektoratsjahr 1933/34.

Referent: Prof. Dr. Hentze.

Zum Druck genehmigt: Prof. Dr. R. Schröder,
Dekan.

Meiner Schwester

und dem Andenken unserer Mutter!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153319_0200

In der zahnärztlichen Prothetik, bei Kronen- und Brückenarbeiten sowie als Füllmaterial spielen die Metalle eine große Rolle. Von den edlen Metallen scheidet das Platin wegen seiner außerordentlich hohen Kosten für die Allgemeinheit aus, und dem Golde in seinen hochkarätigen Legierungen gebührt wegen seiner guten Verarbeitungsmöglichkeit und seiner vorzüglichen chemisch-physikalischen Eigenschaften der Vorzug vor allen anderen Metallen. In Zeiten wirtschaftlicher Not, in der Kriegs- und Inflationszeit sind stets zahlreiche Versuche unternommen worden, Legierungen herzustellen, die imstande sein sollten, das Gold zu ersetzen. Auch gerade heute, wo man sich außerordentlich um die Volksgesundheit bemüht, ist die Zahn- und Mundpflege und der Zahnersatz ein Faktor von außerordentlicher Wichtigkeit in der Volkshygiene geworden, und es ist deshalb erklärlich, daß die Frage der Ersatzmetalle erneut akut geworden ist, um auch den minderbemittelten Bevölkerungsschichten einen brauchbaren, vor allen Dingen nicht gesundheitsschädlichen Zahnersatz zukommen zu lassen. Wenn man die Geschichte der Ersatzmetalle verfolgt, so kann man im allgemeinen die Beobachtung machen, daß neue Legierungen anfänglich meist begeisterte Anhänger fanden, bis man schließlich ihre Fehler und Mängel erkannte, so daß die heute im Handel befindlichen Ersatzmetalle einer strengen kritischen Prüfung von Seiten der Fachwissenschaftler unterworfen werden.

Ich will nur an die Aluminiumbronze erinnern, mit der Sauer in den achtziger Jahren Versuche anstellte. Walkhoff-München war begeisterter Anhänger, hatte selbst längere Zeit eine Prothese aus Aluminiumbronze getragen und erklärte vor einer zahnärztlichen Versammlung seine Zufriedenheit. Er spürte keinen metallischen Geschmack und keine Geschmacksveränderung weder beim Rauchen noch beim Essen. Erst nach längerer Zeit erfuhr man die Mängel der Bronze. Sie war schlecht zu löten, beim Erhitzen bildete sich eine starke Oxydschicht, und infolge der elektrischen Ströme im Munde zeigte sie Korrosion, wurde brüchig und unbrauchbar.

Um ein goldähnliches Metall zu schaffen sah man das Ideal in der Wiedergabe der Goldfarbe, und die Hersteller schlugen den Weg ein, eine Kupferlegierung zu verwenden, da das Kupfer neben dem Gold allein eine gelbrote Farbe besitzt. Im Laufe der Zeit erschien dann eine Reihe von Kupferlegierungen im Handel, die unter dem Namen Randolf, Kosmos, Helvetia, Helios usw. bekannt sind, die aber trotz der verschiedenen Namen sich alle auf der Basis der Kupfer-Zink oder Kupfer-Zinn-Legierungen aufbauten. Randolf-Legierung wurde im Jahre 1872 von dem Münchener Chemiker Randolf hergestellt, im Jahre 1873 in den Handel gebracht und von dem Zahnarzt Zix-München in die zahnärztliche Technik eingeführt. Die Hauptbestandteile dieser Legierung sind Kupfer und Zink. Zur Zeit der frühesten Verwendung ergaben die Analysen:

Kupfer	64,26 %
Zink	35,39 %
Blei	00,21 %
Aluminium	0,04 %
Eisen	0,07 %
Cadmium	Spuren

Etwa zehn Jahre später änderte der Fabrikant die Zusammensetzung und brachte anstatt des Messings eine Bronze in den Handel, die wesentlich härter und chemisch widerstandsfähiger war als das Messing.

Die Analyse ergab folgende Zusammensetzung:

Kupfer	59,15 %
Zinn	39,43 %
Blei	0,55 %
Aluminium	0,07 %
Eisen	0,07 %

Wie gesagt, wurde durch den Zinnzusatz die Härte der Legierung wesentlich erhöht, jedoch auf Kosten der besseren Verarbeitungsmöglichkeit, da die Bronze erheblich spröder als das Messing war.

Nach dem Kriege ging der Fabrikant wieder auf das Messing zurück, und man fand folgendes Ergebnis:

Kupfer	66,0 %
Zink	33,0 %
Blei bis	0,39 %
Eisen bis	1,0 %

Es soll von vornherein bemerkt werden, daß die angegebenen Zahlen Durchschnittswerte sind, und daß die Analysenresultate, die in dem Laboratorium für zahnärztliche Metallurgie und Materialkunde des Berliner zahnärztlichen Instituts ermittelt wurden, Unterschiede aufwiesen. Es mag dahingestellt bleiben, ob diese Unterschiede in der Zusammensetzung der Legierung aus dem Bestreben des Fabrikanten resultierten, sein Fabrikat zu verbessern, oder ob es ihm nicht möglich war, eine Legierung von gleichbleibender Zusammensetzung herzustellen. Ebenso soll dahingestellt bleiben, ob die Beimengungen von Blei, Eisen und Aluminium Absicht des Fabrikanten war, um eben ein Spezialmessing zu schaffen, oder ob dieselben nur als Verunreinigungen der Hauptkomponenten Kupfer und Zink anzusehen waren, besonders dann, wenn zur Herstellung gewöhnliches Handelszink verwendet wurde, das u. U. bis zu 3 % Blei enthält.

Die im Handel befindliche Packung des Randolf-Blechs trägt die vielversprechende Reklame „Seit 1873 hat sich die Randolf-Legierung bestens bewährt. Sie trägt sich im Munde wie Gold". Die Ansichten über die Richtigkeit dieser Behauptung sind in Fachkreisen sehr geteilt. Einerseits liegen günstige Beurteilungen vor, doch weist andererseits die Literatur eine ganze Reihe von mehr oder weniger schweren Fällen von sogenannter Randolfvergiftung auf, und ich will hier mehrere in den letzten Jahren beobachtete Fälle anführen.

Die Kollegin Haenel hat im Jahre 1921 sechs Patienten mit Randolfkronen bezw. -Brücken versehen und hat folgende Ergebnisse beobachtet. Es stellten sich allerlei üble Nebenerscheinungen ein, wie schlechter metallischer Geschmack, Reiz auf die Schleimhäute und Vergiftungserscheinungen. Bei einer

Patientin traten Uebelbefinden, Kopfschmerz und Erbrechen ein, sie war auffallend müde, krankhaft blaß und bekam welke Gesichtshaut. Nach Entfernen der Brücke trat augenfällige schnelle Besserung ein. Bei gleichzeitigem Vorhandensein von Randolfmetall mit Gold im Munde traten nach kurzer Zeit Verfärbung und Zerstörung des Goldes ein.

Prof. Hentze-Kiel berichtet in seinem Kolleg über zwei krasse Krankheitsbilder infolge Tragens von Randolf-Brücken.

Während des Krieges war ein Soldat wegen choleraartiger Erscheinungen im Lazarett aufgenommen worden. Er litt an Kopfschmerzen, Uebelkeit, Erbrechen, an Durchfällen verbunden mit Kräfteverfall und großer Mattigkeit. Er hatte gelblich-graue Gesichtsfarbe, machte einen äußerst niedergeschlagenen Eindruck und zeigte gänzliche Unlust zu jeglicher Beschäftigung. Sein Zustand verschlimmerte sich im Laufe der Zeit, und da keine Besserung eintrat, wurde der Mann dienstunfähig geschrieben. Er trug eine Brücke aus Randolf-Metall, und diese wurde gelegentlich einer Reparatur aus dem Munde entfernt. In Kürze ließen die Beschwerden nach, und sein Allgemeinbefinden besserte sich. Nach Wiedereinsetzen der Brücke traten die Beschwerden erneut auf. Nach endgültigem Entfernen der Brücke trat völlige Genesung ein, so daß der Mann wieder dienstfähig wurde.

Der andere Fall betrifft eine Frau, die eine große Randolf-Brücke trug, und bei der während der Gravidität unangenehme Nebenerscheinungen auftraten. Sie hatte auffallend schlechtes Aussehen, litt an Uebelkeit, Magen- und Leibschmerzen, häufigem Erbrechen, Durchfällen und vollständiger Appetitlosigkeit. Im weiteren Verlauf des Krankheitsbildes zeigten sich plötzliche Schweißausbrüche, Muskelzittern, große Schwäche in den Extremitäten, Kräfteverfall und schließlich vollständige Erschöpfung, die mehrfach mit Bewußtseinsstörungen verbunden war. Nach Entfernen der Brücke verloren sich allmählich die Erscheinungen, und die Frau genas, ohne dauernden Schaden erlitten zu haben.

Nach Bekanntwerden derartiger Schädigungen war es natürlich, daß sich die Zahnärzte und die Metallurgen eingehend mit den Goldersatzmetallen und ihrer Verwendbarkeit im Munde beschäftigten.

So fand sich in Nr. 17 des Jahrganges 1922 der Zahnärztlichen Rundschau folgende Mitteilung:

„Keine Zuschüsse der L. V. A. zu unechten Brückenarbeiten". Hier hieß es u a.: „Für die Verwendung unechter Metalle zu Brückenarbeiten oder ganzen Ersatzstücken werden auf Antrag des zahnärztlichen Beirats der L. V. A.-Berlin Zuschüsse nicht gezahlt. Die Vertrauensärzte befinden sich im Einverständnis mit der Leitung des Zahnärztlichen Instituts der Universität. Den Versicherten wird nach Eingang des Antrags mitgeteilt, daß die Verwendung unechter Metalle im Munde gesundheitswidrig ist, und daher Zuschüsse für solche Arbeiten nicht geleistet werden können." Auch die Gutachten der zahnärztlichen Institute der Berliner und der Wiener Universität verwarfen die Legierungen aus unechten Metallen. Nach diesen war die Anwendung dieser Legierungen im Munde mit so starken gesundheitlichen Schädigungen der Mundschleimhaut und des Verdauungstraktus verbunden, daß ihre Verwendung als fahrlässige Körperverletzung anzusehen war. Während das Berliner Gutachten alle Kupferlegierungen verwarf, machte das Wiener Gutachten nur den

Bleigehalt und die möglichen Beimengungen von Arsen für die Schäden verantwortlich.

Diese Gutachten waren für die Zahnärzteschaft von außerordentlicher Wichtigkeit, denn es mußte mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß man sich wegen einer Gesundheitsschädigung oder wegen Kunstfehlers infolge Verwendung von Kupferlegierungen vor den Gerichten zu verantworten hatte. Wie Ritter-Korns schreibt, sind auch früher wegen angeblich falscher Behandlung oder weil schlechte Materialien verwendet wurden, vielfach Strafverfahren wegen Gesundheitsschädigung gegen Zahnärzte und Zahnkünstler beantragt worden. Wenn auch in den meisten Fällen schon infolge vorheriger Sachverständigenvernehmung derartige Beschuldigungen nicht zur gerichtlichen Verhandlung kamen, so waren doch in einigen Fällen Verurteilungen erfolgt.

Eine Klärung, ob weiterhin Ersatzlegierungen verwendet werden durften, war notwendig. Anfragen, wie man sich in Zukunft verhalten sollte, erschienen in den Fachzeitschriften. Man verlangte von den Gutachtern, die Behauptungen über die Gesundheitsschädlichkeit der Goldersatzmetalle zu beweisen, besonders da die beobachteten Schädigungen vielfach als von Randolf-Metall herrührend bezweifelt wurden, und verschiedene Zahnärzte sich überaus günstig über die Erfahrungen aus ihrer Praxis äußerten. Dr. W. Worm-Oels schrieb, daß er in mehr als zwanzigjähriger Praxis keine Gelegenheit gehabt hätte, irgendwelche gesundheitliche Schädigungen durch die von ihm verwendeten unechten Metalle festzustellen. Dr. Bernstein-Köpenik hatte nie etwas über Gesundheitsstörungen beim Tragen von Brücken aus Randolf-Metall erfahren, und wiederholte Anfragen bei einer großen Anzahl von Kollegen ergaben, daß gerade dieser Legierung der Vorzug gegeben wurde, und daß sie im großen und ganzen recht zufrieden damit waren. Allerdings sollte man ängstlichen Patienten gegenüber vorsichtig sein und hervorheben, daß man über die Gesundheitsschädlichkeit noch nichts sagen könnte, daß aber die Möglichkeit eines etwaigen Durchbeißens und eines Angriffs durch die Mundsäuren bestünde, und daß deshalb in absehbarer Zeit mit einer Neuanfertigung gerechnet werden müßte. Dr. Silbermann-Breslau war mit den Ersatzmetallen sehr zufrieden. Bei Hunderten von Kronen aus unechtem Metall hatte er nie Klagen über schlechten Geschmack gehört oder sonst schädlichen Einfluß feststellen können.

Fenchel-Düsseldorf war der Ansicht, daß von einer Gesundheitsschädigung durch Ersatzmetalle nicht gesprochen werden könnte, insofern als die auf elektrolytischem Wege gelösten Metallmengen so minimal wären, daß sie als Spuren vernachlässigt werden könnten. Dr. Jalowicz-Berlin hatte selbst nach Jahren nach dem Einsetzen von Kronen und Brücken aus Ersatzmetallen weder Nachteiliges gesehen, noch waren ihm Beschwerden von Patienten vorgetragen worden. Vereinzelt gemeldete seltene Schädigungen führte er auf eine Idiosynkrasie der Mundschleimhaut, des Magens oder des Darms zurück.

Angeregt durch die Diskussion über unechte Metalle im Munde erschienen sofort wieder zwei Fälle über Schädigungen. Dr. Neglein-Letmathe i. W. hatte einem Patienten eine kleine Brücke aus Randolf-Metall eingesetzt. Der Patient hatte dauernd einen unangenehmen metallischen Geschmack, zu dem sich eine Stomatitis gesellte. Nach Entfernen der Brücke waren übler Geschmack und Stomatitis allmählich zurückgegangen. Dr. Lewinsohn-Goldap

hatte einen Patienten, der seit vier Jahren drei Brücken aus je drei Gliedern von Goldersatzmetall trug. Die Farbe des Metalls war wunderbar goldgelb, nur die Lötstellen waren ein wenig verfärbt. Mund war tadellos gepflegt, eine Pfeilerkrone war durchgekaut, weshalb der Patient um Anfertigung einer neuen Brücke bat. Drei Tage nach Einsetzen der neuen Brücke aus Randolf kam Patient und klagte über bitteren metallischen Geschmack, seitdem er die neue Brücke trug; außerdem war bei den Pfeilerkronen eine Gingivitis festzustellen. Diese Tatsache beunruhigte umsomehr, als er schon vier Jahre lang unechtes Metall im Munde hatte ohne jegliche Beschwerden. Die Gingivitis wurde behandelt, und der Patient war einstweilen mit dem Trost zufrieden, daß sich der üble Geschmack allmählich verlieren würde. Jedoch nach drei Wochen kam Patient zurück und bat, die Brücke zu entfernen, da ihm der Geschmack zu widerlich und unangenehm war. Patient erhielt dann eine Brücke aus Kosmos, diesmal äußerten sich keine Begleiterscheinungen, und der Patient war sehr zufrieden.

Die bisher angeführten Fälle von Schädigungen durch Goldersatzmetalle stammen aus der Kriegs-, Nachkriegs- und Inflationszeit. Mit der Stabilisierung unserer Währung und der damit verbundenen Möglichkeit, wieder Gold im freien Handel beschaffen zu können, bekam die Frage über die Verwendung unedler Metalle im Munde allmählich untergeordnete Bedeutung, und in der späteren Literatur sind die Fälle von Randolf-Schädigung sehr selten, so daß ich mich darauf beschränken will, noch folgende kasuistische Beiträge anzuführen.

Folgender Fall, der einen Arzt betrifft, und somit als richtig und ungefärbt geschildert zu betrachten ist, ist ein Beweis dafür, für welche schwere Vergiftungen und Krankheitserscheinungen unedle Legierungen im Munde verantwortlich gemacht worden sind. In der deutschen zahnärztlichen Wochenschrift von 1926 Nr. 8 schildert der Arzt wie folgt: „Im Mai 1922 ließ ich mir in München drei Brückenarbeiten aus Randolf-Metall anfertigen. Anfänglich trugen sich die Ersatzstücke gut. Im Sommer 1923 hatte ich häufiger Magen- und Darmstörungen leichter Art, denen ich weiter kein Gewicht beilegte. Nach und nach traten die Beschwerden häufiger auf mit heftiger Intensität. Im Sommer 1924 hatte ich dann zweimal einen typischen Ikterusanfall mit Tachycardie, Gelbfärbung der Skleren und des ganzen Körpers, starkes Hautjucken, stockfarbigen Stuhl und bierbraunen Urin, in dem sich Gallensäure nachweisen ließ. Beim zweiten Anfall trat auch heftiges Erbrechen und Schwindel mit ein. Beide Male Appetitlosigkeit und starkes Mattigkeitsgefühl. Im Frühjahr und Sommer 1925 traten abermals mehrere Ikterusanfälle auf von noch heftigerer Art. Im August 1925 ließ ich mir auf Anraten eines Zahnarztes die Ersatzstücke herausnehmen, worauf meine Beschwerden restlos in kurzer Zeit verschwanden, ohne bis auf den heutigen Tag wiedergekehrt zu sein."

Zu diesem Fall nahm Dr. Faust-Hannover in der deutschen zahnärztlichen Wochenschrift Nr. 2/1927 Stellung und bemängelte, daß die Behauptungen über Randolf-Schädigungen bislang ohne jeden wissenschaftlichen Beweis geblieben wären. Er behauptete, daß er in seiner kombinierten Magen- und Zahnpraxis trotz dauernd darauf gerichteter Aufmerksamkeit in vier Jahren keinen Fall von einer Gesundheitsschädigung durch Randolf hätte be-

obachten können, und daß lediglich bei Randolfarbeiten eine etwas vermehrte Neigung zur Gingivitis vorhanden wäre.

Dr. Goetzel berichtet in der zahnärztlichen Rundschau 1931, Nr. 41, daß eine Patientin zu ihm kam, um sich eine seit Jahresfrist getragene Vollkrone über zweiten Prämolaren oben links mit Anhänger und Halteklammer gegen den Eckzahn wieder befestigen zu lassen. Die Patientin war der Ansicht, daß es sich um eine Goldkrone handelte, doch ergab die Untersuchung, daß sie aus Randolfmetall bestand. Dr. Goetzel machte die Patientin darauf aufmerksam, daß sie sich u. U. durch das unechte Metall gesundheitliche Schäden zuziehen könnte. Sie lehnte den vorgeschlagenen Ersatz aus Gold oder Wipla-Stahl ab, und Dr. Goetzel befestigte wunschgemäß die Brücke erneut mit Zement. Das Metall war an den Stellen, wo es dem Zahnfleisch anlag, stark verfärbt. Kurze Zeit darauf wurde ihm von einem Arzt die gleiche Patientin wegen einer schweren Stomatitis überwiesen, deren Ursache sich der Arzt nicht erklären konnte. Die Gingiva in der Umgebung der Brücke war sehr stark geschwollen, und aus den betreffenden Taschen entleerte sich Eiter, die Papillen bluteten bei leisester Berührung und schmerzten heftig, sodaß die Patientin nur mangelhaft kauen konnte. Die Gaumenfläche war stark aufgetrieben, und sogar der linke untere Weißheitszahn war durch die Entzündung in Mitleidenschaft gezogen. An der Unterlippe zeigten sich mehrere kraterförmige Geschwürsflächen, die durch die Berührung mit dem scharfkantig gewordenen Brückenteil verursacht worden waren. Die Patientin war nunmehr mit der sofortigen Entfernung der Randolfbrücke einverstanden, und erst eine energische und langwierige Behandlung beseitigte die Stomatitis. Dr. Goetzel erwähnt dann noch, daß dieses innerhalb recht kurzer Zeit der dritte Fall wäre, bei dem er durch Randolfbrücken schwere Zahnfleischerkrankungen beobachtet hätte, und da gleichzeitig Dr. Mansbach in Karlsruhe und Dr. Lewald in Braunschweig auf schwere, durch die Abscheidung von Randolfbrücken hervorgerufene Magenkrankheiten aufmerksam machten, hielt er es für seine Pflicht, die Kollegen auf diese Fälle hinzuweisen. Eine peinlichste Mundpflege könnte nur vor etwaigen Stomatitiden schützen.

In Nr. 44 der zahnärztlichen Rundschau bestätigte Dr. Auerbach-Berlin aus seiner Praxis ähnliche Erscheinungen fast bei jeder Prothese aus unechtem Metall. Diese Erscheinungen waren leichte Gingivitiden bis zu schwersten Stomatitiden mit stark ulzerierten Papillen, häufig vergesellschaftet mit schmerzhaften Aphten sowie mit Störung des Allgemeinbefindens mit Temperaturerhöhung, Schwindelgefühl und Magenschmerzen. Diese letztgenannten schweren Erscheinungen waren bei einer sechsgliedrigen Brücke aus zwei Goldstützpfeilern! und vier Zwischengliedern aus Randolf aufgetreten. Der Patient, der instinktiv selbst einen Zusammenhang des Zahnersatzes mit seinem Leiden konstruiert hatte, war mit der sofortigen Entfernung der Brücke einverstanden.

Schließlich sei aus der Literatur noch ein Fall erwähnt, wie ihn Dr. Groß-Hermannsstadt in Nr. 3 der zahnärztlichen Rundschau von 1932 berichtet. Eine Patientin war plötzlich erkrankt mit heftigsten, andauernden, unerträglichen kolikartigen Leibschmerzen. Dazu kam eine hartnäckige allen Mitteln trotzende Obstipation, so daß nur mit Einlauf mühselig etwas Stuhl zu erzwin-

gen war. Seit der Erkrankung bestand Appetitlosigkeit. An beiden Beinen traten Schmerzen auf, die letzte Menstruation war übermäßig stark. Die Patientin dachte gleich bei der Erkrankung selbst daran, daß ihr Zustand mit einer Zahnbrücke aus Ersatzgold zusammenhängen könnte und zwar aus folgendem Grunde. Die Zahntechnikerin, die ihr vor mehreren Jahren eine Ersatzgoldbrücke gemacht hatte, die ohne Störung jahrelang getragen wurde, hatte ihr etwa vier Monate vor der jetzigen Erkrankung eine zweite derartige Brücke eingesetzt. Sehr bald darauf begann immer stärker werdender, schlechter Geschmack sie zu belästigen. Als nun noch die geschilderten Beschwerden hinzukamen, konsultierte sie ihre Zahntechnikerin. Diese fand die letzte Brücke sehr stark angegriffen, schmierig belegt, rauh und angefressen, entfernte sie und schaffte sie gleich aus der Welt. Die Patientin drängte auch auf Entfernung der alten aber angeblich gut aussehenden Brücke. Anschließend wurde die Patientin von verschiedenen Aerzten zwei Monate lang mit antineuralgischen und abführenden Medikamenten ohne jeden Erfolg behandelt; die Beschwerden dauerten unvermindert fort. Dann kam sie in die Behandlung von Dr. Groß. Er fand bei der ersten Untersuchung eine körperlich sehr heruntergekommene, nervöse, verzweifelte Patientin. Als auffälliges Symptom war ein etwa 5 mm breiter, dunkler typischer Bleisaum an der Mundschleimhaut des Ober- und Unterkiefers zu erkennen. Das Abdomen war eingezogen, nicht erheblich druckempfindlich. An beiden Oberschenkeln im Verlauf der Ischiasnerven bestanden Schmerzen. Im Urin fand sich Eiweiß stark positiv. Im Sediment waren Erythrozyten und reichlich gekörnte Zylinder. Der Hämoglobingehalt des Blutes betrug 75%, im Ausstrich fanden sich massenhaft basophil getüpfelte Erythrozyten. Es handelte sich also um eine Bleivergiftung mit Nephritis, spastischer Obstipation, Anämie und Neuritis. Nach eingeleiteter Therapie vergingen drei Monate bis zur völligen Genesung, am hartnäckigsten war der Bleisaum. Von den geschilderten Krankheitserscheinungen interessiert uns Zahnärzte besonders die Verfärbung des Zahnfleischsaumes. Er kann herrühren von Blei, Wismut und Cadmium. Wismut war in keiner Analyse des Randolfmetalls gefunden worden, und die geringen Mengen von Blei und die evtl. nachgewiesenen Spuren von Cadmium konnten unmöglich für den Metallsaum verantwortlich gemacht werden, zumal die Patientin schon jahrelang eine erste Brücke aus Ersatzmetall ohne irgendwelche Beschwerden getragen hatte. Mit Recht können wir wohl annehmen, daß die Technikerin eine ganz unmögliche Legierung mit einem äußerst hohen Bleigehalt zur Anfertigung der zweiten Brücke verwendet hatte oder wie Dr. Grünfeld-Hodmezö-Vasarhely in der zahnärztlichen Rundschau Nr. 9, 1932 vermutet, hatte sie aus Eile oder Unwissenheit diese zweite Brücke mit Weichlot (1 Teil Zinn und 2 Teile Blei) gelötet. Jedenfalls hatte die Technikerin ein schlechtes Gewissen, weshalb sie die Brücke vernichtete, so daß leider keine Prüfung von Sachverständigen erfolgen konnte.

Dr. Grünfeld nimmt dann auch noch zu dem vorher erwähnten Fall Dr. Goetzels Stellung und glaubte, eher Konstruktionsfehler als das Randolfmetall für die Schädigungen beschuldigen zu müssen, besonders da er während der Blüteperiode der Randolfarbeiten mehrere Hunderte von Randolfkronen oder -Brücken eingesetzt hatte, und kaum von solchen horrenden Folgen berichten konnte.

Endlich seien noch die Fälle erwähnt, die ich selbst während meiner Praktikantenzeit in der Universitätszahnklinik Kiel zu beobachten Gelegenheit hatte.

Patient Ba. hatte sich von einem Dentisten eine größere Randolfbrücke fertigen lassen. Er hatte keine Beschwerden, und er wäre sehr zufrieden gewesen, wenn sie länger gehalten hätte. Nach zwei bis zweieinhalb Jahren war das Metall so dünn geworden, so daß es an mehreren Stellen beim Kauen scharfkantig abgewinkelt wurde und ihm die Wangenschleimhaut verletzte. Er war vor kurzem in der Klinik, um sich eine Kautschukprothese anfertigen zu lassen, da er mittlerweile sämtliche Zähne verloren hatte. Er hatte niemals gute Zähne gehabt und führte den Verlust seiner Zähne nicht auf die Brücke aus Goldersatzmetall zurück.

Aehnlich lag der Fall bei Patient Ko. Dieser hatte eine fünfgliedrige Brücke bereits fünf bis sechs Jahre getragen, bis sie die Mundschleimhaut verletzte und ihm Dekubitalgeschwüre verursachte. Er war ganz zufrieden gewesen, so daß er, trotzdem ihm in der Klinik davon abgeraten wurde, sich von einem Dentisten wiederum eine Randolfbrücke fertigen ließ, und sich jetzt auf der anderen Seite des Oberkiefers eine zweite ebensolche anfertigen lassen will. Im Munde befanden sich außer der Brücke noch mehrere Amalgamfüllungen.

Kritisch lag der Fall bei Patient Sto. Er trug seit ca. zwei Jahren eine sechsgliedrige Frontzahnbrücke. Die Pfeilerkronen zeigten sichtbare Korrosion, und die Gußstücke der Facetten waren dunkel verfärbt. Er litt seit einiger Zeit an Sodbrennen und Magenbeschwerden und glaubte meinen Behauptungen nicht, daß seine Brücke an diesen Erscheinungen schuld wäre. Er meinte, es läge an seiner augenblicklich mangelhaften Verpflegung, und es würde schon wieder besser werden, wenn er sich besser verpflegen könnte. Ebenfalls noch mehrere Amalgamfüllungen vorhanden.

Patientin Ka. hatte sich vor elf Monaten von einem Dentisten eine viergliedrige Brücke links oben und eine Krone mit Anhänger rechts oben fertigen lassen. Nach ihrer nicht nachzuprüfenden Angabe will sie nur gutes Gold verlangt haben; ich stellte fest, daß beide Brücken aus Spezialmessing bestanden. Die Kronen waren von hellgelber Farbe, zeigten aber bereits beginnende Korrosion, während die Lötstellen und die Gußstücke schwärzlich verfärbt waren. Von Anfang an hatte sie einen eigenartig metallischen Geschmack, der besonders beim Genuß von sauren Speisen in Erscheinung trat. Seit einiger Zeit ist das Zahnfleisch sehr empfindlich, blutet beim Zähneputzen leicht, und an den Uebergangsstellen von Haut zur Schleimhaut an den Lippen treten plötzlich und zeitweise Bläschen auf, die nach kurzer Zeit eintrocknen und verschwinden (Herpes labialis). Amalgam oder anderes Metall befand sich n i c h t im Munde.

Patientin W. war im Alter von etwa zwölf Jahren gefallen und hatte sich linke Oberlippe und Oberkiefer in der Gegend der Schneidezähne verletzt. Nach längerer Zeit merkte sie, daß der mittlere Schneidezahn länger wurde, deshalb mehrfach beschliffen werden mußte, bis er sich schließlich lockerte und extrahiert werden mußte. Während ungefähr acht Jahren mußte eine Pfeilerkrone aus Randolfmetall über dem Eckzahn, die an einer Spange den mittleren Schneidezahn als Anhänger trug, dreimal erneuert werden, weil das Metall

dünn geworden war, und an einigen Stellen das Weiße des Zementes bezw. des Zahnes zu sehen war. Patientin behauptet bis auf zwei bis drei Amalgamfüllungen gute Zähne gehabt zu haben. Trotz guter Mundpflege hätte sie leicht blutendes Zahnfleisch und auffälligerweise schlechte Zähne bekommen, die teilweise gefüllt und teilweise extrahiert wurden. Vor ungefähr zwei Jahren ließ sie sich dann links oben eine viergliedrige, rechts oben eine dreigliedrige Brücke aus Randolfmetall anfertigen. Seit dieser Zeit hat sie einen metallischen Geschmack und leidet oft an Sodbrennen. Das Zahnfleisch ist überall an Ober- und Unterkiefer atrophiert, und fast sämtliche Zähne sind mehr oder weniger gelockert. Wegen des vorhandenen metallischen Geschmacks führt sie selbst die beschriebenen Erscheinungen auf das unechte Metall im Munde zurück, doch fehlen ihr sowie der vorher genannten Patientin zur Zeit die Mittel, sich Zahnersatz aus Gold anfertigen zu lassen.

Kollege Ra. mit sehr guten Zähnen und nur einer Amalgamfüllung in ┼ 6 hatte eine Fissurenkaries in 6 — und ließ sich ein Randolfinlay von ca. 0,25 gr anbringen. Nach ungefähr vierzehn Tagen bis drei Wochen stellte sich eine Gingivitis von 4 — bis 6 — mit Atrophie der Papillen ein. Trotz Auskratzens der Taschen und peinlichster Mundpflege ging die Gingivitis nicht zurück; erst nach Ausbohren des Randolfinlays und Ersatz durch Gold wurde die Gingiva augenfällig straffer und fast wieder normal.

Ich habe dann noch 201 Patienten in der Medizinischen Klinik — Kiel — auf Arbeiten aus Randolfmetall pp. untersucht und nach etwaigen Schäden ausgefragt. Ich fand bei einem Patienten einen Stiftzahn und bei einem anderen eine Krone aus Randolflegierung zugleich mit Gold und Amalgam im Munde. Nebenerscheinungen waren nicht vorhanden. Das Metall zeigte in beiden Fällen sichtbare Zeichen der Korrosion. Eine Patientin erzählte mir noch, sie hätte sich vor einiger Zeit bei einem Dentisten ein partielles Unterstück mit Klammern aus Goldplatin!? anfertigen lassen. Nach vier bis sechs Wochen hätte sie das Stück wieder zurückgegeben, weil sie einen widerlichen metallischen Geschmack gehabt hätte.

Von besonderer Bedeutung für mich war die Tatsache, daß ich die schädigenden Einflüsse des Randolfmetalls auf den Organismus an mir selbst festzustellen Gelegenheit hatte. Im Sommer 1924 (ich hatte damals vier Amalgamfüllungen im Munde, es fehlten 8 ┼ und ┼ 8, 4 — und — 6) ließ ich mir 6 — und — 5 mit Randolfmetall überkronen. Im Juni oder Juli 1927 zeigten sich im Metall scharfkantige Stellen, die mir Zunge und Wangenschleimhaut verletzten, und ich ließ mir neue Kronen und zwar aus Gold herstellen. Während des Tragens der Randolfkronen habe ich metallischen Geschmack wahrnehmen können, allerdings weiß ich mich nicht zu erinnern, ob er dauernd oder zeitweise bestanden hat. Im Zahnfleisch hauptsächlich in der Gegend der unteren Frontzähne verspürte ich häufig ein eigenartiges Brennen, gegen das ich immer mit Erfolg Kaliumpermanganat in starker Verdünnung anwendete. Außerdem stellte sich eine Pyrosis ein, die sich trotz Vermeidens gewürzter Speisen, Süssigkeiten, starken Kaffees usw. nicht beeinflussen ließ, so daß Natriumbicarbonat oder Magnesia usta zu meinem fast täglichen Bedarf gehörten. Ich wußte damals nichts von Schädigungen durch Randolfmetall und habe demgemäß Gingivitis und Pyrosis und das Ausbleiben dieser Erscheinungen nicht damit in Zusammenhang bringen können. Im Jahr 1929 wurde — 5 extrahiert,

da dieser sich gelockert hatte, und ich ließ mir eine 20karätige Goldbrücke von — 7 bis — 4 anfertigen. Später während meines Studiums ließ ich mir 7 — ebenfalls mit 20karätigem Gold überkronen und mit 6 — durch ein kurzes Zwischenstück verbinden, da der Interdentalraum zwischen beiden Zähnen ziemlich groß war. Im Sommer 1932 ersetzte mir ein Kollege eine Kupferamalgamfüllung in 6 + durch eine Gußfüllung aus Randolf. Zur Ehrenrettung des vielbekämpften Kupferamalgams darf ich hier erwähnen, daß ich diese Füllung schon seit 18 Jahren besaß, daß Zahn und Füllung vollkommen intakt waren, und daß sie lediglich ausgebohrt wurde, um dem Kollegen Gelegenheit für seine Examensarbeit zu geben. Die Gußfüllung war ziemlich groß, umfaßte ca. die Hälfte der Kaufläche und die ganze distale Wand, und ich konnte einen metallischen Geschmack nur bei direkter Berührung mit der Zunge wahrnehmen. In ganz kurzer Zeit stellte sich wieder eine Pyrosis ein, und meine Vermutung, daß sie eine Folge des unechten Metalls im Munde war, bestätigte sich, denn als ich die Gußfüllung herausnehmen und durch Zement ersetzen ließ, war die Pyrosis innerhalb weniger Tage verschwunden. Auch war ich jetzt überzeugt, daß die Pyrosis in den Jahren 1924—1927 von den Randolfkronen herrührte, zumal ich mich besonderer Umstände halber erinnern konnte, wann sie damals durch Goldkronen ersetzt wurden, und daß mir nach Rückkehr von einer Reise gelegentlich bewußt wurde, daß ich seit einiger Zeit gar kein Natriumbicarbonat mehr einzunehmen brauchte. Nun besteht seit ca. zwei bis drei Jahren von 2 — bis — 2 eine geringe Lockerung, Paradentose ersten Grades, und ich möchte wohl annehmen, daß die seiner Zeit durch die Randolfkronen häufig aufgetreten Gingivitiden Ursache der Paradentose gewesen ist. Gründliche Reinigung der Taschen und schließlich eine Abtragung der Gingiva hatten eine erhebliche Besserung der Paradentose gezeitigt.

Ich habe nun, um die Möglichkeit einer Schädigung des Organismus durch unechte Metalle nachweisen zu können, bei fünf verschiedenen Personen und bei mir je einen Kronenring aus Randolfmetall im Munde angebracht. Auf die durch Korrosion festgestellten Gewichtsverluste komme ich später zurück, und ich will hier zunächst nur auf die beobachteten Schäden eingehen. Abgesehen von einer geringen Gingivairritation bei einer der Versuchspersonen, die aber primär mit dem Randolfmetall nichts zu tun hatte, sondern durch retinierte Speisereste hervorgerufen worden war, haben fünf Personen weder schlechten Geschmack noch irgendwelche Schäden wahrnehmen können. Allein bei mir trat am zweiten Tage metallischer Geschmack auf, der beim Zigarettenrauchen bedeutend stärker in Erscheinung trat; er wurde immer intensiver, am 15. Tage widerlich und unangenehm, so daß er den Geschmack der Speisen beeinflußte, und ich mich am 27. Tage infolge Uebelbefindens nach einer ganz normalen Mittagsmahlzeit gezwungen sah, den Kronenring herauszunehmen. Seit dem 23. Tage hatte ich wegen der wieder eingetretenen leichten Pyrosis etwa vier- bis fünfmal Natriumbicarbonat vereinnahmt, und hatte ich leider feststellen müssen, daß trotz peinlichster Mundpflege die Gingiva an den Frontzähnen blaßbläulich verfärbt und schwammig aufgetrieben war, was wiederum eine wahrnehmbare Lockerung von 1 — zur Folge hatte. Geschmacksempfinden war am Tage nach Entfernen des Ringes wieder normal, eine zehntägige Behandlung mit Stomatisan beseitigte die Gingivitis, während gegen die Paradentose noch eine Spezialbehandlung erforderlich scheint.

Was nun die Korrosionsversuche anbetrifft, so habe ich unter Kollegen und Bekannten, die sich bereit erklärten, 30 Tage lang einen Randolfkronenring zu tragen, niemand gefunden, bei dem noch kein Metall im Munde vorhanden war. Die Möglichkeit, das Randolfmetall allein auf seine Korrosionserscheinungen zu untersuchen, war deshalb nicht gegeben; ich nahm daher Mundverhältnisse, wie sie täglich in der Praxis vorkommen können, und bei denen vor allen Dingen die Anbringung der Kronenringe ohne Beschleifen der Zähne möglich war. Ich habe zu meinen Versuchen Randolfblech von 0,25 mm Stärke und Randolflot verwandt. Die Gewichtsverluste wurden jeden zehnten Tag mit Hilfe der analytischen Wage ermittelt, die Zeit von ca. vier Stunden, für welche die Ringe am 11. und am 21. Tage aus dem Munde entfernt, mit H_2O_2 und Alkohol gereinigt und dann gewogen wurden, blieben der Geringfügigkeit halber außer Betracht. In unmittelbarer Berührung mit anderem Metall befand sich kein Versuchsring. Schon nach zehn Tagen waren die Lötstellen stark schwärzlich verfärbt, während das Randolfblech selbst die natürliche hellgelbe Farbe beibehalten hatte. Die Verfärbung der Lötstellen ließ sich beim Reinigen mit H_2O_2 bezw. Alkohol nicht entfernen. Eine sichtbare Veränderung an Gold oder Amalgam habe ich nicht beoachten können.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in der beigefügten Tabelle zusammengestellt. Die verhältnismäßig großen Unterschiede der in Lösung gegangenen Metallmengen bei Pe. und Ri. lassen sich hauptsächlich aus der alkalischen bezw. sauren Beschaffenheit des Speichels erklären. Hierzu kommt noch, daß Pe. festen, fadenziehenden Speichel hatte, der die Fähigkeit besitzt, das Ionengleichgewicht für längere Zeit aufrecht zu erhalten (s. Korrosion). Auffallend sind die fast gleichen Resultate bei Fk., Hk. und He. — 2,2 % Verlust in dreißig Tagen von dem Gewicht der verwendeten Kronenringe und 0,0023 gr Gewichtsverlust in dreißig Tagen auf 1 cm^2 Oberfläche. — Der Grund hierfür ist in den fast gleichen Mundverhältnissen zu suchen (9—10 Metalleinheiten außer Versuchsring im Munde und Speichelreaktion stets alkalisch).

Eine Anwendung der Versuchsergebnisse für die Allgemeinheit und ein Vergleich mit anderen Ergebnissen ist nicht möglich, da die Mundverhältnisse stets verschieden sind, und da die Faktoren, welche die Korrosionsvorgänge beeinflussen, sehr kompliziert sind, und sich im Munde nie auf eine gleiche Basis bringen lassen.

Nun versteht man unter Korrosion das Inlösunggehen von Metallen bei Strombetätigung in Gegenwart von Elektrolyten; das sind Säuren, Basen und Salze, die in wässriger Lösung den elektrischen Strom leiten, und durch diesen in ihre Bestandteile, Ionen, zerlegt werden. Die unter der Einwirkung des elektrischen Stroms eintretende chemische Zersetzung wird als Elektrolyse bezeichnet. Die Elektrolyse ist abhängig von der Art des elektrolytischen Mediums und von dem Spannungsunterschied zwischen verschiedenen Metallen oder zwischen verschiedenen, als selbständige Stoffe in einer Legierung auftretende Komponenten. Diese bilden galvanische Elemente, die bei ihrer Betätigung eine besonders starke Löslichkeit der unedleren Komponente zur Folge haben. Sie ist weiterhin abhängig von dem inneren Aufbau der Legierung, von der Beschaffenheit der Mischkristalle, von der Stellung der Kompo-

	La.	Pe.	Ri.	Fk.	Hk.	He.	
Versuchsring	+5	−8	3+	+7	−7	+5	
Vorhandene Goldfüllungen	3	—	3	4	3	—	
Vorhandene Goldkronen-Glieder	—	3	6	5	5	4	
Vorhandene Amalgamfüllungen	7	8	3	1	1	5	
Speichelreaktion vor Einsetzen des Ringes	neutral	alkalisch	neutral	alkalisch	alkalisch	alkalisch	
am 11. Tage	sauer	„	sauer	„	„	„	
21. Tage	„	„	„	„	„	„	
30. Tage	„	„	„	„	„	„	
Gewicht des Versuchsringes	0,2857 g	0,3020 g	0,3014 g	0,4375 g	0,4520 g	0,3937 g	
Gewichtsverlust 1.—10. Tag	0,0028	0,0028	0,0044	0,0031	0,0037	0,0030	Durchschnitt in 10 Tagen = 3,3 mg
11.—20. Tag	0,0036	0,0017	0,0050	0,0036	0,0033	0,0028	
			*0,0018				
21.—30. Tag	0,0028	0,0017	0,0045	0,0030	0,0030	0,0030	
Gesamtgewichtsverlust in 30 Tagen	0,0092	0,0062	0,0157	0,0097	0,0100	0,0088	
das sind in % von dem Gewicht	3,2 %	2,1 %	5,2 %	2,2 %	2,2 %	2,2 %	
Durchschnittlicher Gewichtsverlust in 1 Tag	0,000 31 g	0,000 21 g	0,000 52 g	0,000 32 g	0,00033 g	0,000 29 g	
Errechnete annähernde Oberfläche des Ringes	3,35 cm²	3,43 cm²	3,28 cm²	4,22 cm²	4,22 cm²	4,03 cm²	
Gewichtsverlust in 30 Tagen auf 1 cm²	0,0027 g	0,0018 g	0,0048 g	0,0023 g	0,0024 g	0,0022 g	
in 1 Tag auf 1 cm²	0,000 09 g	0,000 06 g	0,000 16 g	0,000 08 g	0,000 08 g	0,000 07 g	

*Der für 3 Tage errechnete Gewichtsverlust, da nur 27 Tage getragen.

nenten in der Spannungsreihe, von der Bearbeitung, welche die Legierung zuvor durchgemacht hat und von der Temperatur während der Bearbeitung.

Taucht man z. B. ein Metall in die Lösung seiner Ionen, so entsteht zwischen Elektrolyt und dem Metall eine Potentialdifferenz, deren Wert durch den osmotischen Druck der Metallionen und dem elektrolytischen Lösungsdruck des betreffenden Metalls bedingt wird. Mit letzterem bezeichnet man nach Nernst das Bestreben eines Metalls, Ionen in Lösung zu schicken. Wenn Lösungsdruck und osmotischer Druck sich im Gleichgewicht befinden, wird auch keine Potentialdifferenz vorhanden sein, d. h. die elektrolytischen Vorgänge werden zum Stillstand gelangt sein. Ist aber der Lösungsdruck größer gegenüber dem osmotischen Druck, so schickt das Metall positiv geladene Ionen in Lösung und wird dadurch selbst negativ. Dieser Vorgang ist also ein Auflösen des Metalls. Uebersteigt dagegen der osmotische Druck des Elektrolyts den Lösungsdruck des Metalls, so werden die Ionen des Elektrolyts das Bestreben haben, aus der Lösung herauszugehen; sie schlagen sich deshalb auf dem Metall nieder, übermitteln demselben ihre positive Ladung, wogegen der Elektrolyt negative Ladung annimmt. Die zwischen Metall und Flüssigkeit auftretende elektrostatische Doppelschicht wird schließlich in einen Gleichgewichtszustand übergehen, der solange dauert als keine Ionenwanderung zwischen den beiden Medien stattfindet. Der Lösungsdruck hat demgemäß für die elektrolytischen Vorgänge große Bedeutung und hat für die Metalle unter Berücksichtigung äquivalenter Ionenkonzentration verschiedene Werte. Je unedler ein Metall ist, desto größer ist sein Lösungsdruck und umgekehrt. Z. B. ladet sich Zink in der Lösung seiner Ionen negativ, also sein Lösungsdruck ist größer als der osmotische Druck seiner Ionen, wohingegen Kupfer positive Ladung annimmt, weil sein elektrolytischer Lösungsdruck geringer ist als der osmotische Druck seiner Ionen. Die Lösungsintensität eines jeden Metalls ließ sich nun feststellen, indem man das Metall in seiner Ionenlösung mit einer Wasserstoffelektrode von bekanntem Einzelpotential zusammenbrachte, und aus dem erhaltenen Meßwert durch Subtraktion des Potentials der Wasserstoffelektrode das Potential des Metalls ermittelte. Es ergab sich, daß alle leicht oxydierbaren Metalle einen größeren Lösungsdruck, die schwer oxydierbaren und die Edelmetalle einen geringeren Lösungsdruck aufwiesen.

Bezeichnete man das Potential derjenigen Metalle, die einen hohen Lösungsdruck besitzen, sich also im Elektrolyten negativ aufladen, mit negativ, so ergab sich folgende Spannungsreihe.

Mg—	Fe—	Cu+
Al—	Ni—	Hg+
Mn—	Co—	Ag+
Zn—	Sn—	Pd+
Cd—	Pb—	Pt+ und Au+

Jedes vorangehende Metall in dieser Spannungsreihe hat die Fähigkeit, das nachfolgende aus seiner Lösung auszufällen. Z. B. Zink in einer Kupfersulfatlösung überzieht sich mit metallischem Kupfer. Die Erklärung dieses Vorganges ist folgende. Das Zink hat hohen Lösungsdruck und sendet deshalb Zinkionen in die Lösung, in der sich bereits Kupferionen befinden. Das Ionengleichgewicht wird gestört, und die Kupferionen mit einem hohen osmotischen Druck entionisieren sich und schlagen sich in Form von metallischem Kupfer

auf dem Zink nieder. Der Vorgang wird sich bei allen Metallen in der gleichen Weise abspielen, daß sich das unten stehende auf dem in der Spannungsreihe höher stehenden abscheidet. Zwischen zwei verschiedenen Metallen in einem Elektrolyten kommt gleicherweise eine Potentialdifferenz zustande, in dem jedes einzelne Metall seinerseits mit dem Elektrolyten einen Spannungsunterschied aufweist. Ist die Stellung der Metalle in der Spannungsreihe sehr weit voneinander entfernt, so ist die Potentialdifferenz eine größere, als zwischen zwei Metallen in näherer oder benachbarter Stellung. Bei einer Strombetätigung wird der Erfolg der sein, daß das unedlere Metall in Lösung geht und sich auf dem edleren niederschlägt. Die gleichen Lösungs- bezw. Korrosionserscheinungen sind auch an Legierungen beobachtet worden, die nicht mit unedleren Metallen in Verbindung stehen. Hier muß die Ursache in dem inneren Aufbau, einem Mangel im metallographischen Gefüge, in der Heterogenität der Legierung zu suchen sein, denn man nimmt an, daß sie eine Reihe galvanischer Elemente bildet, die bei ihrer Betätigung die unedleren Bestandteile zum Herauslösen zu bringen vermögen.

Diese theoretischen Erwägungen lassen sich auf die Mundverhältnisse anwenden, wenn verschiedene Metalle oder Legierungen vorhanden sind, indem der Speichel, der verschiedene Salze wie Chloride, Carbonate und Phosphate enthält, und der je nach den aufgenommenen Nahrungsmitteln und infolge der im Munde sich abspielenden Sekundärreaktionen ausgesprochen sauer reagieren kann, den Elektrolyten darstellt.

Die so im Munde gelösten Metallteilchen scheiden sich in geringer Menge auf den edleren Metallen ab und werden bei der mechanischen Reinigung hinausbefördert, während der größte Teil mit dem Speichel und den Speisen durch den Verdauungstraktus in den Organismus gelangt und neben Geschmacksstörungen unter Umständen die hier im ersten Teil mehrfach beschriebenen Schädigungen hervorrufen kann.

Bei allen Metallen der Randolflegierung handelt es sich um solche, die dem menschlichen Organismus nicht körperfremd sind. Das Kupfer, der Hauptbestandteil der Legierung, gehört zu den Elementen, die im Organismus in den überall gegebenen Elektrolyten vertreten sind, und das zweifellos notwendiger Bestandteil der lebenden Substanz in deren Betrieb ist, da ihm nach Oppenheimer ähnlich wie dem Eisen die oxydationskatalytische Funktion in den Zellen zufällt. Mithin ließ sich auch feststellen, daß der Foetus wie beim Eisen ein erhebliches Depot mit auf den Weg bekommt. Ebenso konnte man nachweisen, daß eine ganze Reihe animalischer und auch vegetabilischer Nahrungsmittel z. B. Krebse, Hummern, Leber, Milz, Getreide und Hülsenfrüchte normalerweise kupferhaltig sind. Die gefundenen Mengen sind meist sehr gering, sollen aber doch in Hülsenfrüchten 14 mg und mehr auf 1 kg betragen, auch in einzelnen Austern sollen schon gelegentlich 40 mg Kupfer gefunden worden sein. In den täglichen Faeces sind 1—2, sogar bis 6 mg Kupfer gefunden worden. Wenn nun Kupfer auch ein Gift ist, besonders in seinen Salzen, die eiweißfällende Wirkung besitzen, so äußerst es schädliche Wirkungen doch erst bei solchen Mengen, wie sie im allgemeinen nicht in den Organismus gelangen, entweder durch Nahrungsmittel, durch zufällig in den Mund und den Verdauungstraktus geratene Münzen und sonstige Gegenstände oder schließlich durch Goldersatzmetalle in der zahnärztlichen Prothetik. Dazu

kommt noch, daß gerade die schwerlöslichen Kupferverbindungen im Darm größtenteils in schwer resorbierbares Sulfid verwandelt werden, und als solches den Organismus unschädlich verlassen.

Zink wird regelmäßig im Organismus gefunden, wahrscheinlich auch mit biologischer Funktion, doch sind die Ansichten der Autoren, ob Bioelement oder nicht, noch umstritten. Zink und seine Verbindungen sind giftig, so daß bei deren vielseitiger Anwendung in Technik und Medizin Vergiftungen damit nicht zu den Seltenheiten gehören. Es ist gefährlich, weil es bereits von Wasser, leichter schon von verdünnten Säuren gelöst wird. Berufsvergiftungen kommen vor bei den Arbeitern in Zinkhütten und Gießereien durch Inspiration des dort immer auftretenden Zinkoxyds. Zink ist normaler, mit dem Alter zunehmender Bestandteil des Körpers und ist in der Leber mit 14,5 mg, im Muskel bis zu 5,15 mg, im Gehirn bis zu 1,25 mg auf 100 g Substanz nachgewiesen worden. Es ist in der Milch vorhanden und geht in deutlichen Mengen in Urin und Faeces über. Ebenso ist es in Nahrungsmitteln enthalten, das, wenn nicht durch zufällige oder absichtliche Berührung aus den Zubereitungs- oder Aufbewahrungsgefäßen aufgenommen, schon aus unseren vegetabilischen Nahrungsmitteln stammt, da Pflanzen aus zinkhaltigem Boden nicht unbeträchtliche Mengen von Zink aufzunehmen imstande sind. Zinksalze, deren Bildung etwa bei der Korrosion im Munde entstehen könnte, führen abgesehen von einer möglichen lokalen Aetzwirkung selten zu resorptiven Vergiftungen wegen der nur ganz geringen Resorptionsfähigkeit im Magen und Darm. Zinksalze und lösliche Kupfersalze haben die Eigenschaft, als Brechmittel zu wirken und sorgen so selbst für ihre Eliminierung aus dem Magen.

Blei wird auch regelmäßig gefunden; es ist von zweifelhafter Bedeutung, und seine Anwesenheit im Organismus ist nicht wesentlich und rührt im allgemeinen doch wohl nur zufällig von der Aufnahme mit der Nahrung als Verunreinigung her. Chronische Bleivergiftungen kommen vor bei Arbeitern, die berufsmäßig mit Bleiverbindungen in Berührung kommen, in Bleibergwerken, Glashütten, Töpfereien, Buchdruckereien, Farbenfabriken usw. Auch im täglichen Leben kommen Bleivergiftungen vor, da Blei mit Nahrungs- und Genußmitteln, mit arzneilichen und kosmetischen Präparaten oder durch Berührung von bleihaltigen Gegenständen in den Organismus gelangen kann. Eigenartig ist das Verhalten des Bleis gegen Wasser. Luftfreies destilliertes Wasser greift Blei so gut wie gar nicht an, dagegen löst sich Blei merklich in lufthaltigem Wasser auf. Es entsteht Bleioxyd und -hydroxyd, das in Wasser löslich ist. Ist neben der Luft auch noch Kohlendioxyd zugegen, oder sind gleichzeitig kleine Mengen von Karbonaten, Bikarbonaten, Chloriden und Sulfaten gelöst, so werden nur geringe Spuren von Blei durch Wasser aufgenommen, weil sich auf dem Blei eine schützende, schwer lösliche Decke aus den betreffenden Bleisalzen bildet. Diese Bedingungen sind fast immer bei Benutzung von Blei zu Wasserleitungsröhren erfüllt, da das Trinkwasser meist mehrere der in Frage kommenden Salze enthält. In gewissen Fällen ist doch Vorsicht geboten, z. B., wenn es sich um frische Bleirohre handelt, oder wenn die Bleirohre an Wärmeherden vorbeigeleitet werden, da in warmem Wasser die Lösungstendenz größer ist. Eine Gesundheitsschädigung soll nach Gadamer bei einem dauernden Gehalt von 0,35 bis 0,75 mg auf 1 Liter Wasser beginnen. Nach Starkenstein-Rost-Pohl werden bis 0,35 mg Blei als unschädlich

für den Menschen angesehen. Nach früheren Anschauungen soll das Blei, bei chronischer Vergiftung im Körper als Bleialbuminat kreisen, nach neueren Forschungen dagegen als Phosphat. An der Ausscheidung nehmen teil Harn, in geringem Maße der Darm, die Milchdrüsen, am bedeutendsten die Galle.

Eisen ist für den Organismus als notwendig und unentbehrlich bekannt. Es spielt eine Rolle als Sauerstofftransportmittel in den respiratorischen Blutfarbstoffen und hat allgemeine Bedeutung als Atmungskatalysator. Orale Vergiftung hielt man in den lezten Jahren für ausgeschlossen, da man der Ansicht zuneigte, daß eine Resorption von Eisenverbindungen vom Magen- und Darmkanal aus, wenn überhaupt, dann nur in Spuren erfolgen könnte, und daß die früher beschriebenen Vergiftungen auf Beimengungen etwa von Blei oder Arsen zurückzuführen wären. Doch haben die Forschungen von Starkenstein Aufklärung gebracht, indem er feststellen konnte, daß man beim Eisen noch weniger als bei anderen Metallen weder von einer Giftigkeit noch von einer Nichtgiftigkeit sprechen kann. Denn während z. B. Blei und Quecksilber stets zur Vergiftung führen können, gleichgültig ob sie in Form löslicher oder lösbarer Verbindungen einverleibt werden, so ist die Toxizität beim Eisen nur an bestimmte Oxydationsstufen des Metalls gebunden. Nur Ferroverbindungen sind giftig, Ferriverbindungen sind ungiftig, und komplexe Verbindungen haben u. U. eine besondere Giftigkeit. Voraussetzung der Toxizität ist aber, daß die Ferroverbindungen resorbiert werden, bevor eine Oxydation zur ungiftigen Ferriverbindung erfolgt.

Der Vollständigkeit halber will ich noch Zinn und Aluminium anführen, die beide in den älteren Analysen vor dem Kriege im Randolfmetall oder allgemein in den Bronzen nachgewiesen wurden. Beide Metalle sind regelmäßig im Organismus gefunden worden, doch hat man ihrer Anwesenheit keine Bedeutung nachweisen können. Ihre Verwendung ist außerordentlich groß, ohne daß dabei Vergiftungen bemerkt worden wären, die über lokale Aetzwirkungen hinausgingen. Immerhin liegen auch über diese Metalle experimentell toxikologische und vereinzelte klinische Beobachtungen vor, und es ist nicht ausgeschlossen, daß ihrer Anwendung einmal größere und praktische toxikologische Bedeutung zukommen wird.

Ist einmal ein Metall oder eine Lösung desselben mit dem Organismus in Reaktion getreten, so haben wir zu unterscheiden zwischen einer primären Veränderung am Ort der Einwirkung — lokale Wirkung — und einer sekundären im ganzen Körper oder in einzelnen bevorzugten Organen, welche durch die Resorption in das Blut und die Zellen hervorgerufen wird — resorptive Wirkung. Nicht resorbierbare Körper sind, selbst wenn sie einen Stoff enthalten, der in anderer, nämlich löslicher Form schädigend wirkt, als unschädlich zu betrachten. In welcher Form bezw. in welchem chemischen Zustand die Metalle und ihre Verbindungen schädigend im Organismus auf die Körperzellen einwirken, bildet ein noch nicht völlig gelöstes Problem. Die vorzüglichste Applikationsstelle für das Zustandekommen einer Resorption sind die Schleimhäute des Mundes und des Verdauungstraktus. Nach erfolgter Resorption ist die Wirkung abhängig von der größeren oder geringen Schnelligkeit der Ausscheidung. Die Ausscheidung erfolgt durch alle drüsigen Organe, entweder in unveränderter Form oder in Gestalt von Zersetzungs- oder Kombinationsprodukten. Je schneller die Ausscheidung vor sich geht, desto geringer

sind die Schädigungen, desto rascher kann eine Genesung erfolgen und umgekehrt. Weiterhin ist die Wirkung abhängig von der Menge der gelösten und resorbierten Metallmenge. Treten Funktionsstörungen durch eine genügend große Menge — Dosis toxika — auf, oder erfolgt bei langsamer Ausscheidung und bei dauernd fortgesetzter Zufuhr in an sich völlig unschädlichen Mengen eine Kumulierung bis zur Dosis toxika, so sprechen wir von einer akuten Vergiftung. Zu einer chronischen Vergiftung führt die fortgesetzte Zufuhr und eine damit verbundene dauernde Einwirkung auf die Gewebe. Dabei kommt es nicht zur Aufspeicherung bis zur wirksamen Menge, sondern trotz normaler Ausscheidung veranlaßt ein Strom von schädigenden Einflüssen eine Störung der normalen Zelltätigkeit. Die Empfindlichkeit ist bei allen Menschen nicht einheitlich. Demnach ist die Wirkung noch abhängig von Alter, Geschlecht und Ernährungszustand des Individuums, von der Rasse, den physiologischen bezw. pathologischen Zuständen, von der Gewöhnung an bestimmte Stoffe und einer individuellen Disposition — Idiosynkrasie.

Jedem Arzt ist bekannt, daß Pharmaka nicht gleich stark auf alle Patienten wirken, und daß es Menschen gibt, die besonders empfindlich für bestimmte Stoffe sind. Diese besondere Empfindlichkeit oder Ueberempfindlichkeit bezeichnet man mit Idiosynkrasie, von der wir zwei Arten zu unterscheiden haben.

1. Manche Menschen reagieren auf gewisse Arzneimittel, selbst in ganz geringen Dosen, außerordentlich stark, mitunter auch hinsichtlich der Art der Wirkung vollständig anders, als es den bisherigen Erfahrungen entspricht.

2. Manche Menschen reagieren nach dem Genusse, bisweilen schon nach dem Riechen bestimmter Stoffe, die für andere Menschen vollkommen gleichgültig, evtl. sogar angenehm sind, mit ausgesprochenen Erkrankungserscheinungen.

Idiosynkrasie kann auftreten bei der ersten Gelegenheit, bei der der Patient das Arzneimittel bekommt, oder plötzlich, nachdem der Betreffende dieselbe Arznei schon früher ohne irgendwelche Nebenerscheinungen gebraucht hat.

Ich halte es nicht für nötig, hier alle Symptome der Metallvergiftungen aufzuzählen, aber erinnern wir uns der Krankheitserscheinungen, wie sie beim Tragen von Randolfmetallstücken im Munde aufgetreten sind, und wie sie im ersten Teil dieser Arbeit geschildert wurden, so läßt sich feststellen, daß sie sämtlich unter die Symptome der Metallvergiftungen einzureihen sind.

Man nahm früher an, daß eine Schädigung nur bei körperfremden Metallen zu erwarten wäre, doch hat die Erfahrung gezeigt, daß, trotzdem Tausende von Menschen Randolfmetall ohne irgendwelche Beschwerden im Munde getragen haben, eine ganze Reihe von Menschen zweifellos unter dem Symptom einer Metallvergiftung erkrankte. Auch ich habe bei meinen Versuchen feststellen können, daß schon die geringe Menge von 0,16 mg von gelöstem Metall täglich auf 1 cm^2 imstande ist, Nebenerscheinungen hervorzurufen. Dieses zeigt, daß die Empfindlichkeit gegenüber Randolfmetall bei allen Menschen nicht einheitlich ist, und daß erst ein individuelles biologisches Milieu, eine Idiosynkrasie einzelner Personen, die Möglichkeit einer Schädigung schafft.

Es steht wohl außer jedem Zweifel, daß, je größer die Menge des verwendeten Randolfmetalls ist, desto größer auch die Wahrscheinlichkeit einer Schädigung ist.

Die Gutachten der zahnärztlichen Institute der Berliner und der Wiener Universität hatten, wie früher erwähnt, die Kupferlegierungen wegen ihrer Gesundheitsschädlichkeit verworfen, und wie mir Prof. Schöenbeck, der Leiter des Berliner Instituts auf meine Anfrage mitteilte, hat sich in seiner damaligen Stellungnahme nichts geändert, indem es unbedingt als schwerer Kunstfehler zu bezeichnen ist, wenn heute noch Prothesen aus derartigem Metall hergestellt werden. Wenn man bedenkt, daß dieses Gutachten aus dem Jahr 1922 stammt, aus einer Zeit, in der Gold kaum oder zu fast unerschwinglichen Preisen zu haben war, so war m. E. die damalige Verwendung von Randolfmetall zu einzelnen Kronen oder kleinen Brücken immerhin noch gegeben, denn die Gefahr einer Schädigung war höchstens nur auf einen kleinen Teil von Patienten beschränkt. Selbstverständlich hätten größere Prothesen wegen der größeren Gefahr abgelehnt werden müssen. Erst seitdem es möglich war, wieder Gold im freien Handel zu beschaffen, mußte die weitere Verwendung von Randolfmetall oder ähnlichen Legierungen als grober Kunstfehler angesehen werden. Wenn man berücksichtigt, daß die technische Arbeit wegen der Unzulänglichkeit des Materials einen größeren Aufwand an Mühe und Sorgfalt erfordert als bei einer Goldarbeit, so stellt sich schließlich heraus, daß in der Preisgestaltung bei Arbeiten aus Gold und Ersatzmetall eine Disharmonie vorhanden ist, die m. E. nicht gerechtfertigt scheint. In jedem Falle hat der Patient — meist trifft es noch den wirtschaftlich schwachen —, selbst wenn er nur die Hälfte einer Goldarbeit bezahlt, seine Prothese aus Ersatzmetall zu teuer bezahlt, nicht mitgerechnet die gesundheitlichen Schäden, die ihm etwa entstehen können. Wegen der geringen Korrosionsfestigkeit muß eine Randolfprothese mindestens alle vier Jahre erneuert werden, wogegen eine Goldarbeit über zehn Jahre und länger intakt bleibt.

Gelegentlich taucht wohl noch einmal in den Fachzeitschriften ein Bericht über eine Randolfvergiftung auf, aber man darf wohl behaupten, daß die Verwendung von Randolfmetall und ähnlichen Legierungen zu Dauerprothesen heute zu den Seltenheiten gehört. Durch Nachfrage bei den in Kiel befindlichen Laboratorien erhielt ich die Auskunft, daß die Zahnärzte seit längerer Zeit überhaupt keine Dauerersatzstücke aus Randolfmetall haben anfertigen lassen. Umsomehr ist es zu verstehen, daß sich die Metallurgen bemüht haben, geeignete, korrosionsfeste Silberlegierungen herzustellen. Bereits in der Vorkriegszeit benutzte man Silberlegierungen, die mit Metallen der Platingruppe versetzt waren, aber wegen der hohen Kosten der Zusatzmetalle zu teuer waren und deshalb wenig verarbeitet wurden. Bei den jetzt im Handel befindlichen Silberlegierungen wie z. B. Chekometall, Würzburger Weißmetall, Silberin, Akolite, Deufametall, Stannolit usw. wurde allgemein ihre vielseitige Verwendungsmöglichkeit und gute Haltbarkeit gepriesen. So schrieb mir Dr. Kuhlo-Bielefeld, daß er in seiner ausgedehnten Praxis das Würzburger Weißmetall seit vier Jahren als ausgezeichnetes Füllmaterial und als Fundament für Goldkronen verwendet, und nie nachteilige Folgen oder Reizerscheinungen beobachtet hätte.

Allerdings scheinen auch die Erfahrungen über die Silberlegierungen noch nicht abgeschlossen zu sein, denn in der zahnärztlichen Wochenschrift Nr. 21 von 1934 las man von einer Schädigung durch Silberinlegierung, welche nach der Analyse 7% Blei enthalten haben sollte. Dieses beweist wiederum, daß

eben alle derartigen Legierungen niemals einen vollwertigen Goldersatz darstellen können, und daß sie nur als brauchbarer Notbehelf bezeichnet und bewertet werden dürfen.

Nach den Ausführungen in meiner Arbeit fasse ich zusammen:

Bei Anwesenheit verschiedener Metalle und Legierungen im Munde treten galvanische Ströme auf, die eine Elektrolyse des unedleren Metalls zur Folge haben.

Durch Versuche im Munde bei sechs verschiedenen Personen konnte ich die elektrolytischen Vorgänge am Randolfmetall schon bei Verwendung von ca. 0,3 bis 0,5 gr mit einwandfrei wägbaren Gewichtsverlusten von durchschnittlich 3,3 mg in zehn Tagen nachweisen. Die in Lösung gehenden Metallteilchen rufen bei vorhandener Idiosynkrasie Gesundheitsstörungen hervor. Ich selbst habe dreimal bei mir persönlich die schädigenden Einflüsse des Randolfmetalls feststellen können. Es ist deshalb ein grober Kunstfehler, noch heute unedle nicht korrosionsfeste Metalle allein oder mit anderen Metallen im Munde zu verwenden.

Die Möglichkeit einer Gesundheitsschädigung zusammen mit der geringen Haltbarkeit der nicht korrosionsfesten Legierungen macht die Arbeit meist teuer und ihre Verwendung illusorisch.

Deshalb sind alle Legierungen der Spezialmessinge und -Bronzen für Dauerprothesen zu verwerfen, und alle heute noch gepriesenen Silberlegierungen können niemals einen vollwertigen Goldersatz darstellen.

Zum Schluß möchte ich Herrn Prof. Dr. Hentze für Ueberlassung des Themas, und den Leitern des Chemischen Instituts der Universität Kiel Herren Prof. Dr. Diels und Prof. Dr. Mumm für die gütige Erlaubnis, in ihrem Institut die Wägungen ausführen zu dürfen, meinen Dank aussprechen.

Literatur-Angaben.

1. Deutsche Zahnärztliche Wochenschrift, Nr. 6/1924; 8/1926; 2/1927.
2. Fortschritte der Zahnheilkunde, Oktober 1933.
3. Gadamer, Lehrbuch der chemischen Toxikologie.
4. Gottstein-Schloßmann-Peleky, Handbuch der sozialen Hygiene und Gesundheitspflege.
5. Haenel, Versuche mit Randolfslegierung und seine Verwendungsfähigkeit zu Kronen- und Brückenarbeiten.
6. Hari, Kurzes Lehrbuch der physiologischen Chemie.
7. Oppenheimer, Chemische Grundlagen der Lebensvorgänge.
8. Schoenbeck, Materialkunde der zahnärztlichen Technik.
9. Starkenstein-Rost-Pohl, Toxikologie.
10. Zahnärztliche Rundschau, Nr. 17/1922; 20/1922; 22/1922; 41/1931; 44/1931; 3/1932.

Lebenslauf.

Ich, Friedrich Karl Richter wurde am 26. 12. 1886 als Sohn des Fuhrwerksbesitzers Heinrich Richter in Hannover geboren. Vom 6. bis 19. Jahre besuchte ich die Oberrealschule I in Hannover, legte die Reifeprüfung ab und trat April 1907 bei der damals Kaiserlichen Marine ein. Ich wurde Marinezahlmeister-Anwärter und im Oktober 1923 infolge Verminderung der Wehrmacht auf Grund des Versailler Vertrages als Marine-Oberzahlmeister verabschiedet. Während meiner Dienstzeit war ich im Inlande, in Ostafrika und in Ostasien an Land und an Bord kommandiert. Am Weltkriege habe ich von Anfang bis Ende auf den Kriegsschauplätzen in der Ostsee, in Rußland und in Flandern teilgenommen. Nach dem Kriege tat ich noch ca. ein Jahr Dienst bei einer freiwilligen Formation und war dann bis zu meiner Verabschiedung in der Abwicklung der Marineverbände beschäftigt. Ich besuchte 1923/24 drei Semester lang die Universität Kiel und hörte Vorlesungen über Volkswirtschaft und chemische Großindustrie, mußte aber das Studium wegen Unzulänglichkeit meiner Geldmittel aufgeben und war dann verschiedentlich kaufmännisch und im Mechanikerhandwerk tätig. Im Sommersemester 1930 begann ich auf der Universität Kiel das zahnmedizinische Studium und bestand dort im Herbst 1931 die Vorprüfung und im Winter 1933/34 das zahnärztliche Staatsexamen.